



# Квазидвижения в интерфейсе глаз–мозг–компьютер: новая стратегия сенсомоторного взаимодействия

Ю. Г. Шевцова<sup>1,2</sup>, А. С. Яшин<sup>2,3</sup>, Е.П. Свирин<sup>2</sup>, А. Н. Васильев<sup>1,2</sup>, С. Л. Шишкин<sup>2</sup>

1 – Кафедра физиологии человека и животных, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва;  
2 – МЭГ-центр, Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва; 3 – НИЦ “Курчатовский институт”, Москва



web: bci.megmoscow.ru  
shevtsova.jg@gmail.com

Этот постер



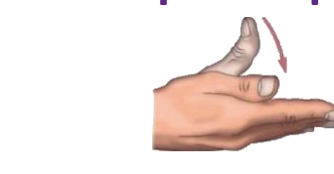
## Введение

Интерфейсы мозг–компьютер (ИМК) управляют внешними устройствами по паттернам мозговой активности. Один из стандартных подходов к реализации такого управления является представление движений [1], однако это “внутренняя” задача, а такие задачи конкурируют за внимание с внешним взаимодействием [2]. Альтернативой служат попытки движений у пациентов [3], моделью которых на здоровых людях являются квазидвижения [4]. Мы попробовали впервые применить квазидвижения для управления интерфейсом глаз–мозг–компьютер.

**Гипотеза:** управление с помощью квазидвижений будет более результативным и предпочтительным для испытуемых, чем управление на основе представления движений.

## Движение:

Отведение большого пальца правой руки



## Определение

## Инструкция для испытуемых

## Сенсомоторные задачи

### Представление движений

мысленное воспроизведение образа движения без его физической реализации [1]

### Квазидвижения

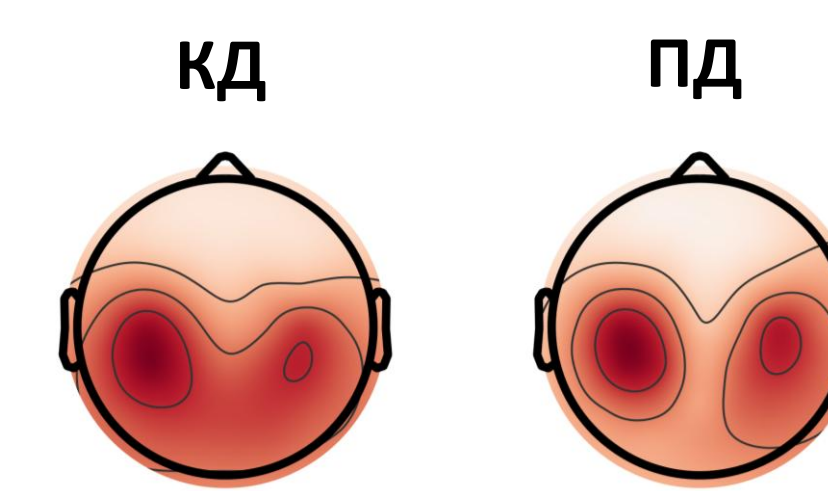
движения, минимизированные до исчезновения мышечной активности [4]

- Опираясь на показания ЭМГ, постепенно уменьшайте амплитуду движения, пока отклик ЭМГ станет неразличим.
- Далее необходимо полностью исключить мышечное сокращение: сосредоточьтесь на посылании команды к движению, а не на телесных ощущениях.

## Результаты

### Пространственная фильтрация

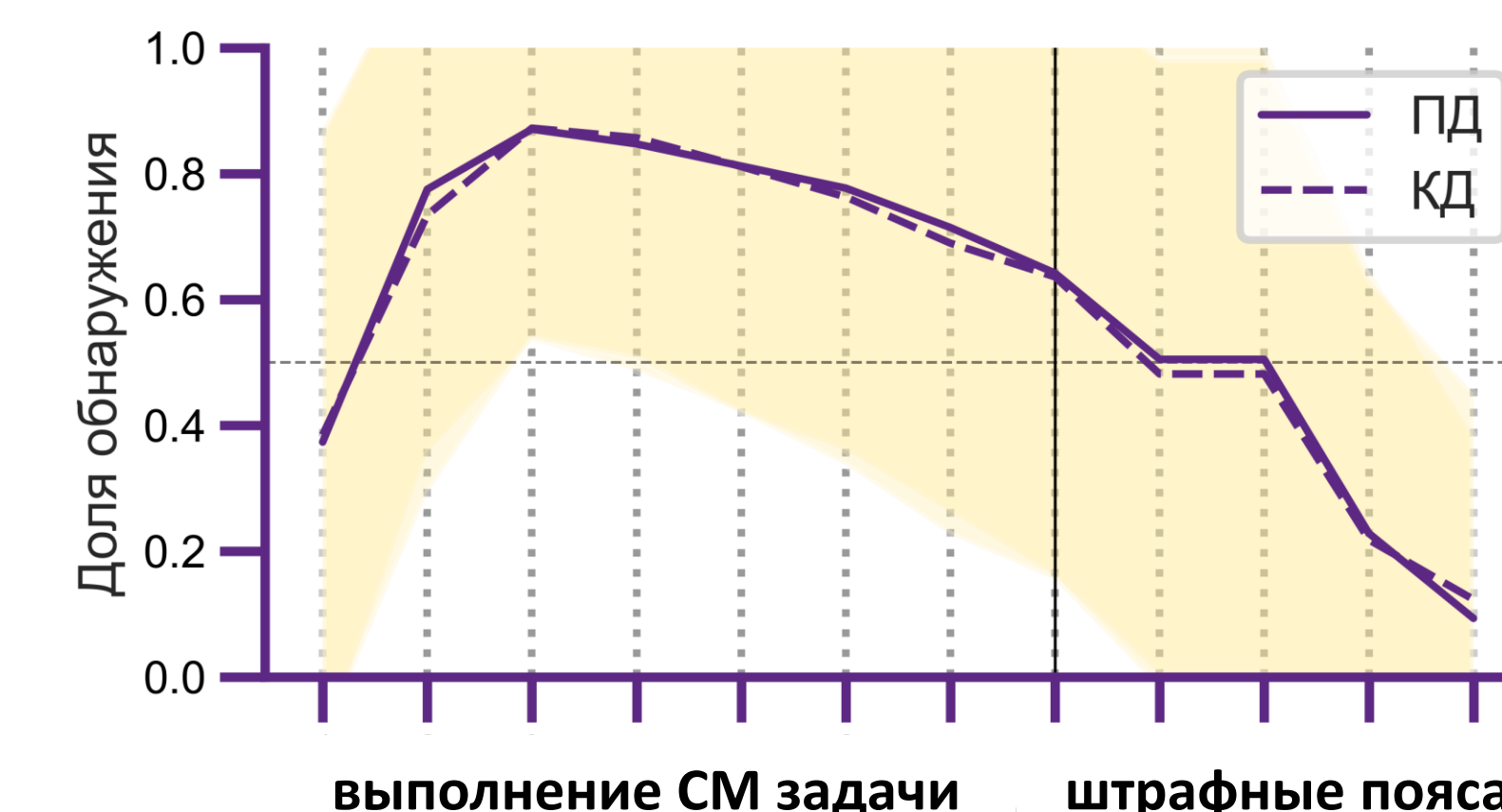
Усреднённые компоненты CSP-фильтров с максимумом над сенсомоторной зоной (электроды FC, C, CP).



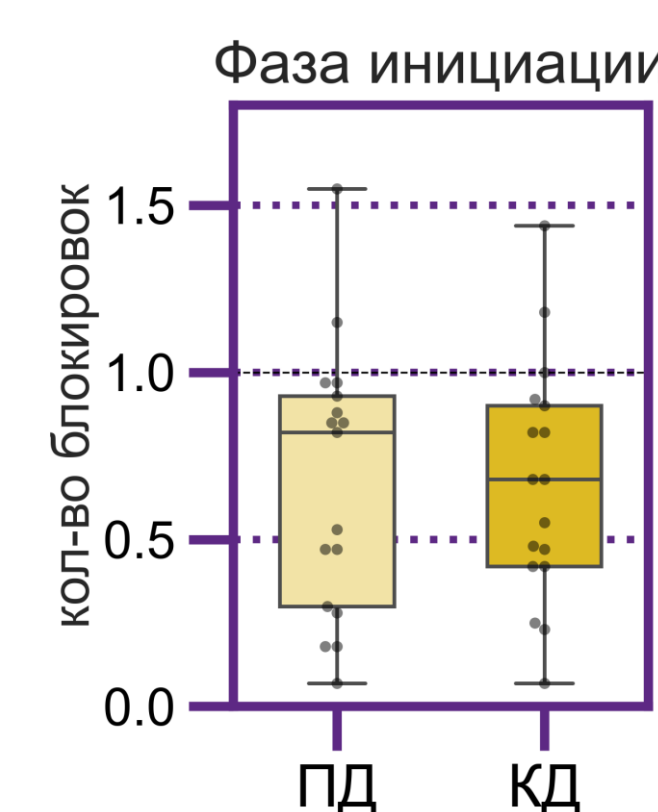
-0.05 0 0.05  
вклад отведений

### Классификация ЭЭГ паттернов

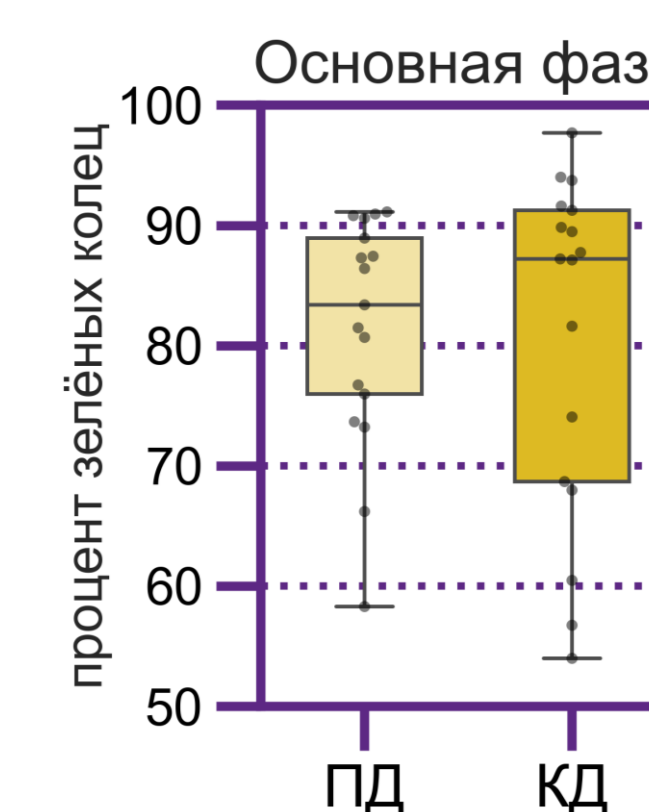
### Средняя точность распознавания выполнения сенсомоторной задачи в ходе всего взаимодействия



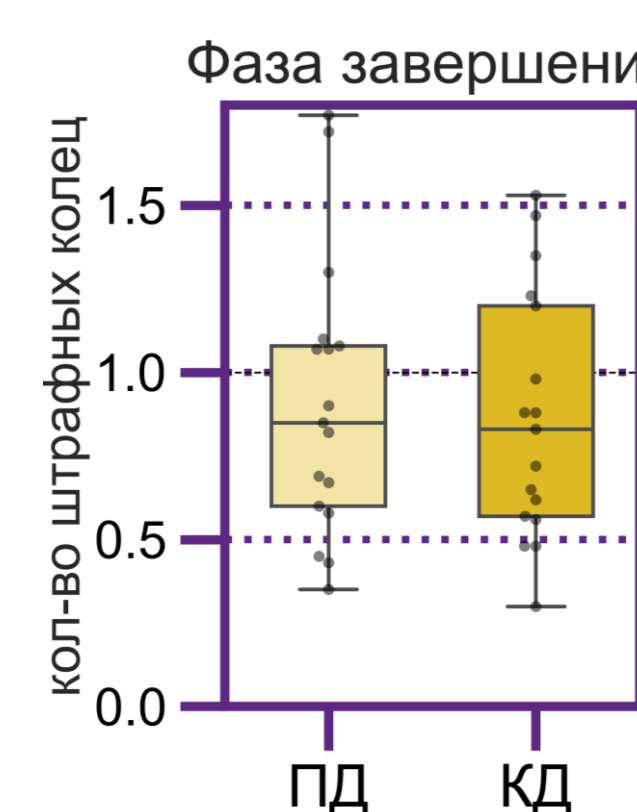
### Успешность управления



Среднее количество блокировок, приходящихся на одну звезду



Процент успешно распознанных команд при заполнении звезды

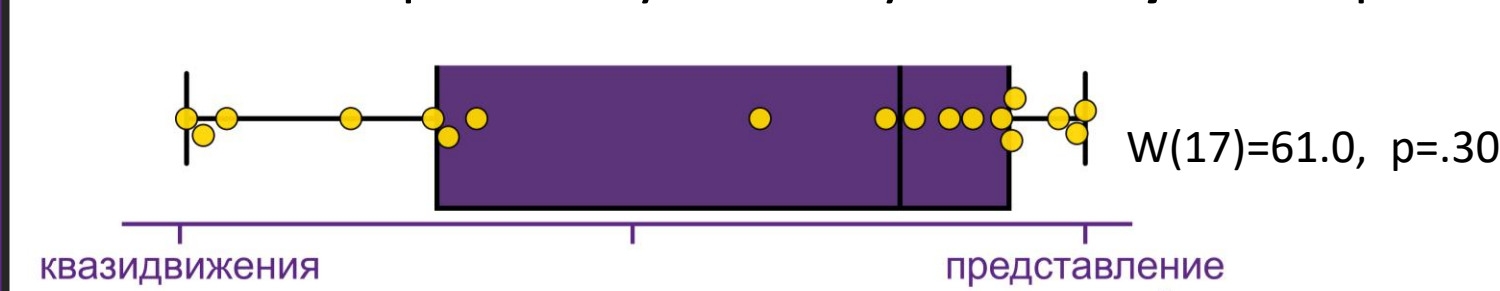


Среднее количество заработанных штрафных поясов, приходящихся на одну звезду

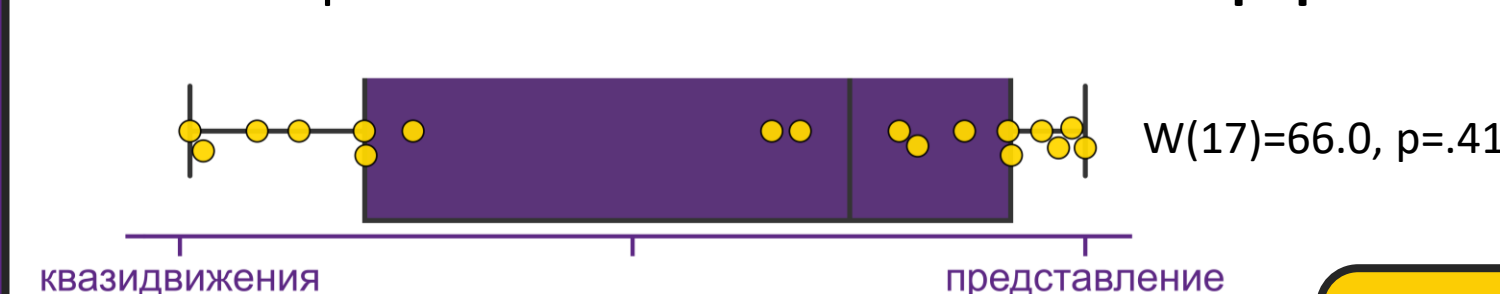
### Опросники

### Субъективная оценка качества управления

В каком режиме у вас получалось лучше играть?

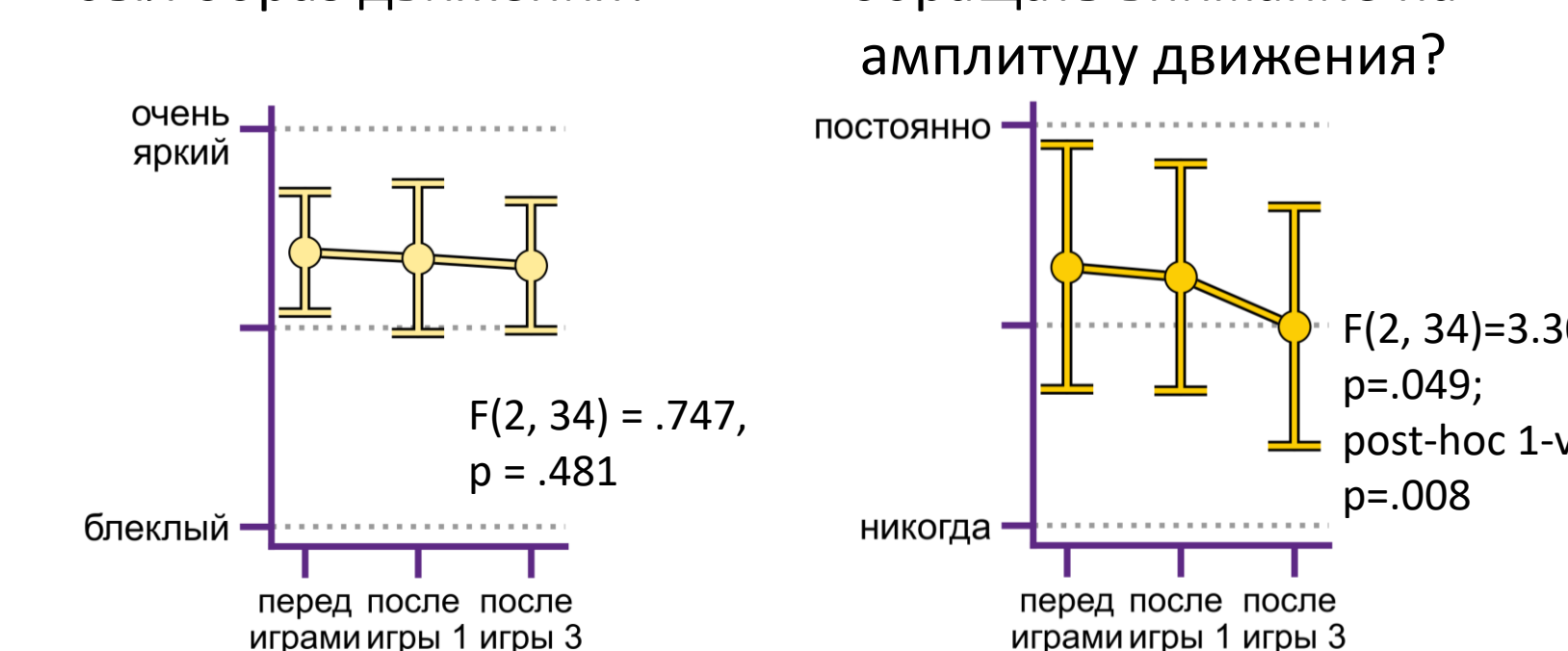


Какой режим показался вам более комфортным?



### Сенсомоторные задачи

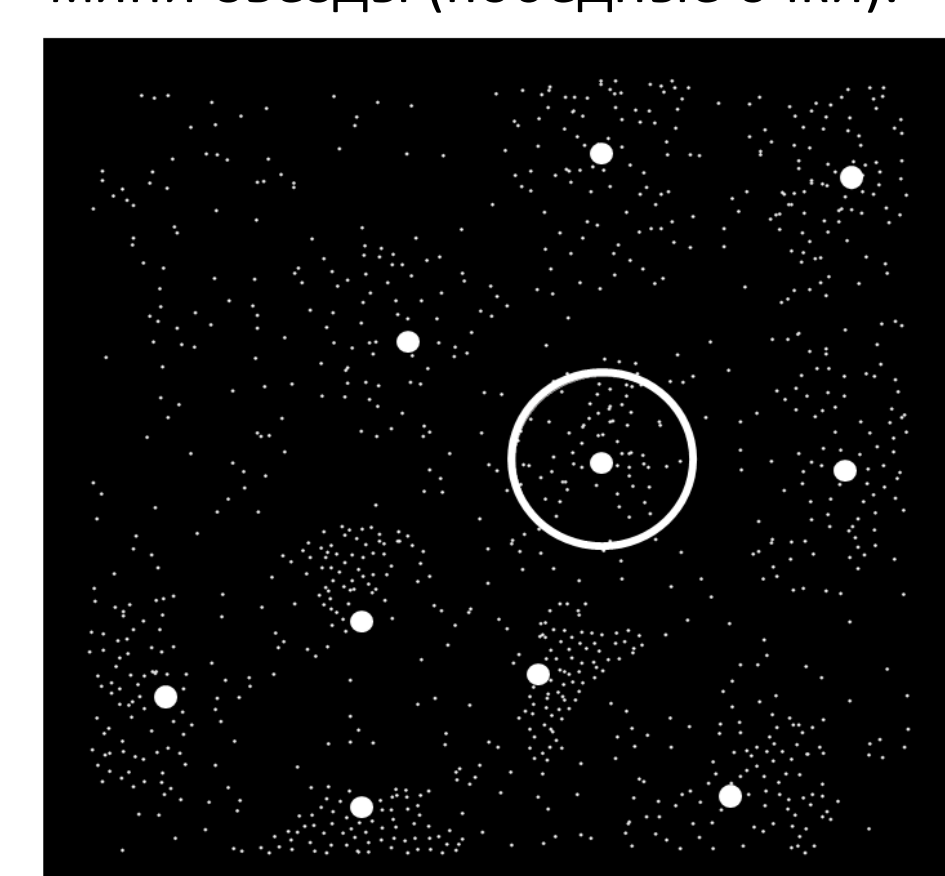
(ПД) Насколько ярким был образ движения?  
(КД) Как часто вам приходилось обращать внимание на амплитуду движения?



## Методы

### Игра AstroSync

Игровое поле: 10 звёзд и мини-звёзды (победные очки).



Окружность – указатель выбора звезды.

Задача: набрать как можно больше очков.

Игровое взаимодействие:

- Выбор звезды взглядом (500 мс задержка);
- Взаимодействие со звездой путём одновременного выполнения СМ задачи.



### Оборудование

Айтрекинг: EyeLink 1000 Plus (SR Research), 500 Гц  
ЭМГ и ЭЭГ (64 канала): NVX136 (MKS), 1000 Гц

### Классификация ЭЭГ паттернов

покой\* vs СМ задача

Выделение признаков: CSP + Fourier Transform  
(за подробностями в [5])

Использовались индивидуально обученные модели наивного байесовского классификатора.

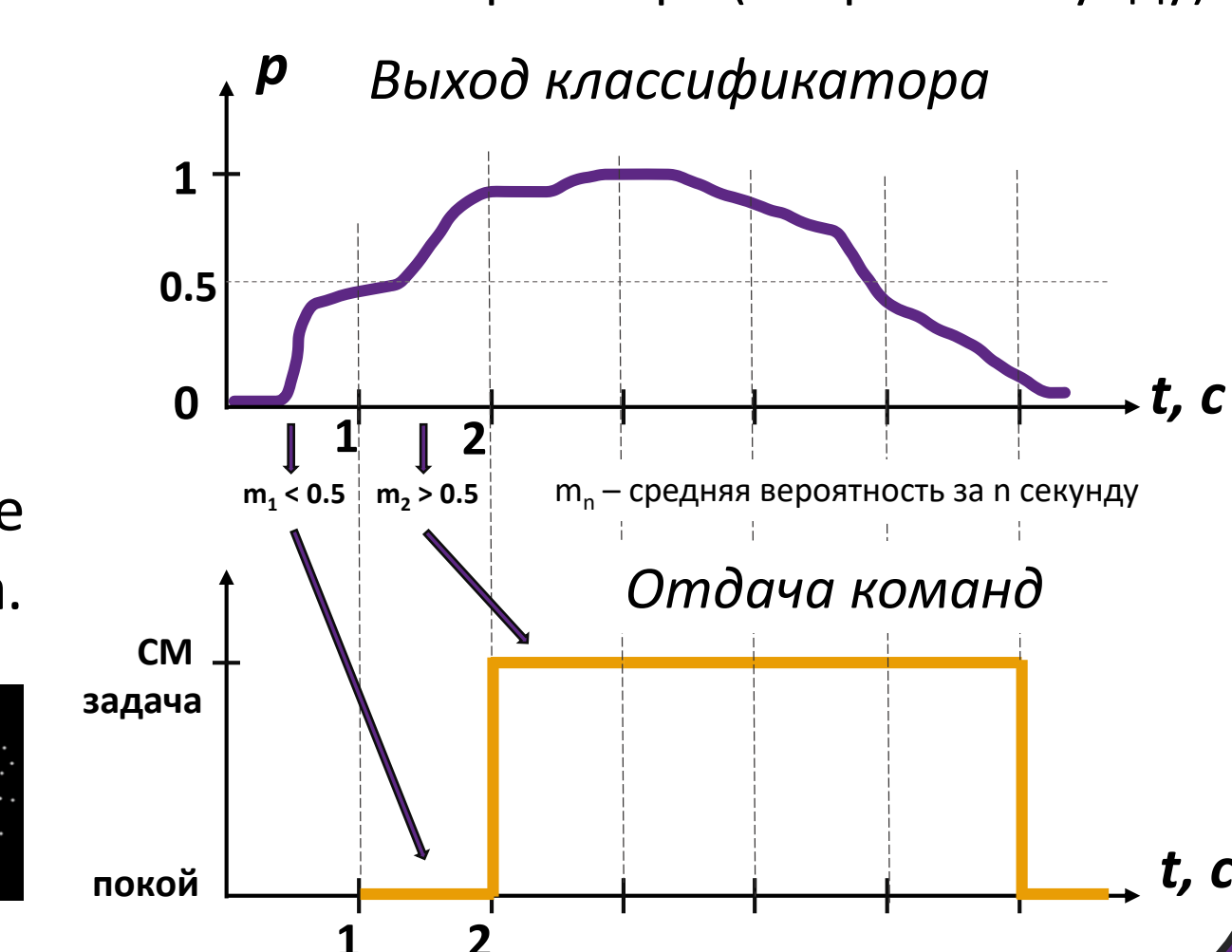
\*для состояния «покой» использовалась отвлекающая задача на счёт мини-звёзд внутри геометрических фигур.



### Онлайн классификация

Частота выхода классификатора: 10 Гц.

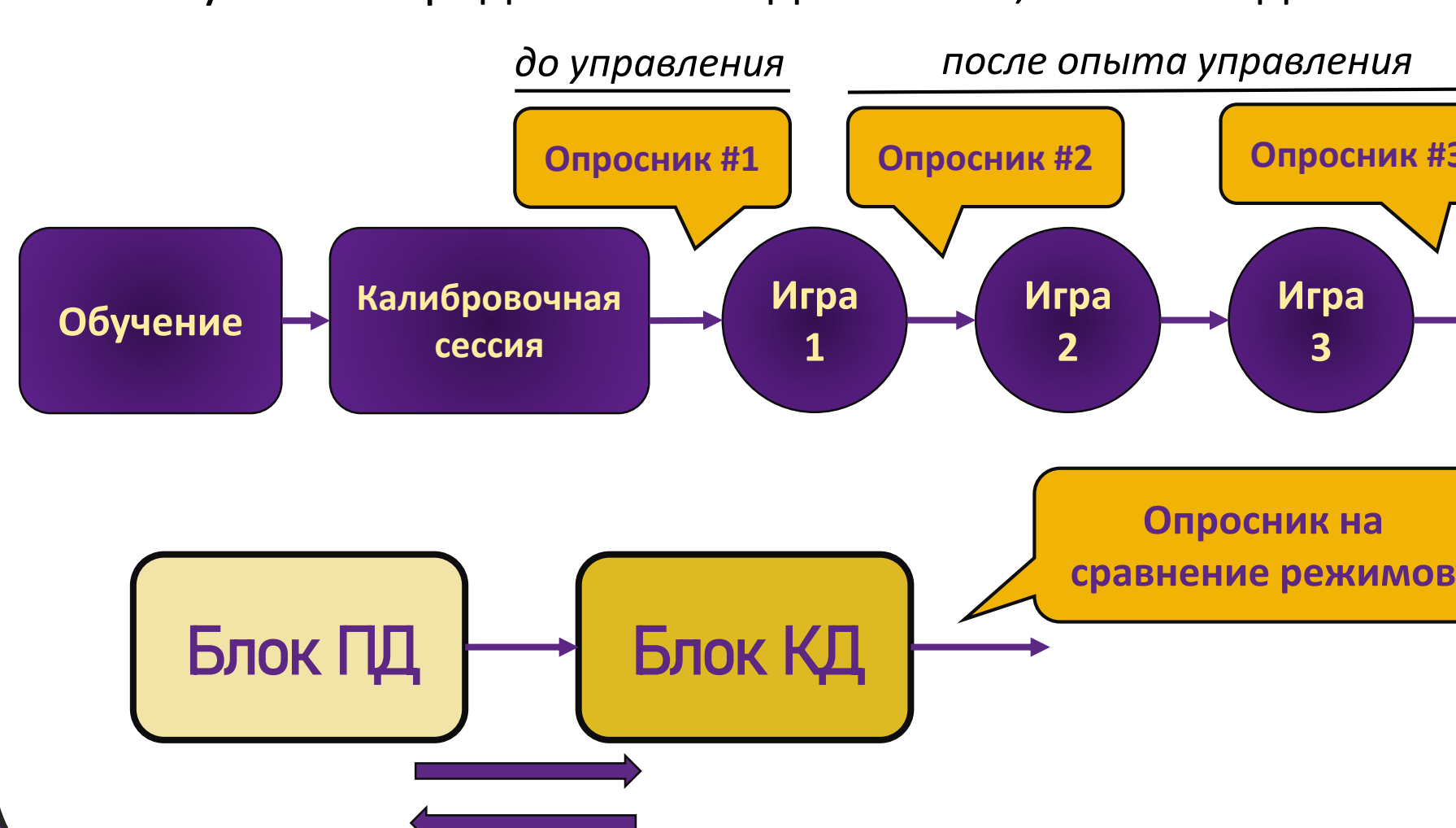
Отдача команд: усреднение 10 выходных значений классификатора (т.е. раз в секунду).



### Дизайн эксперимента

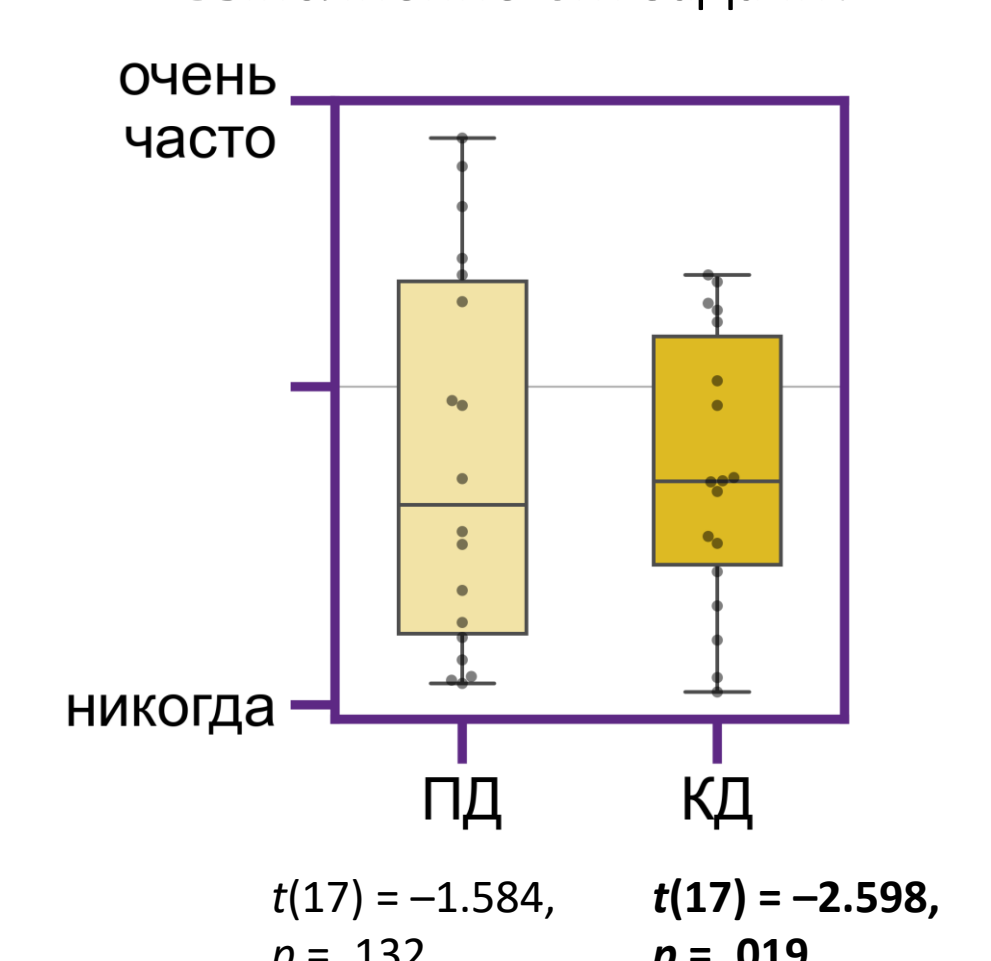
Выборка: 18 испытуемых.

Опыт: у всех – представление движений, 9 – квазидвижения.



### Автоматизация СМ задач

Как часто вам удавалось взрывать звезду не переводя внимание на выполнение СМ задачи?



## Заключение

- Впервые показана возможность использования квазидвижений в интерфейсе мозг–компьютер с обратной связью в реальном времени.
- И представление движений, и квазидвижения позволили игрокам успешно играть в игру AstroSync.
- Квазидвижения не оказались эффективнее для управления, чем представление движений.
- Испытуемые, предпочитавшие ПД, отмечали:
  - Сложность понимания инструкций к выполнению квазидвижений;
  - Необходимость постоянного контроля за квазидвижениями, чтобы они не перерастали в полноценные движения.

Что можно улучшить в дальнейших исследованиях:

- инструкции для КД, обратная связь (более быстрая, более конгруэнтная);
- расширенные тренировки;
- клинические исследования;
- исследование эффектов длительного использования интерфейса.

## Список литературы

- [1] Pfurtscheller, G., & Neuper, C. Motor imagery and direct brain-computer communication // Proceedings of the IEEE, 89(7), 2001, P. 1123-1134.
- [2] Walcher, S., Korda, Z., Körner, C., & Benedek, M. The effects of type and workload of internal tasks on voluntary saccades in a target-distractor saccade task // PLoS One, 18(8), e0290322, 2023.
- [3] Oxley, T. J., Yoo, P. E., Rind, G. S., Ronayne, S. M., Lee, C. S., Bird, C., Hampshire, V., Sharma, R. P., Morokoff, A., & Williams, D. L. Motor neuroprosthesis implanted with neurointerventional surgery improves capacity for activities of daily living tasks in severe paralysis: first in-human experience // Journal of neurointerventional surgery, 13(2), 2021, P. 102-108.
- [4] Nikulin, V. V., Hohlefeld, F. U., Jacobs, A. M., & Curio, G. Quasi-movements: A novel motor-cognitive phenomenon // Neuropsychologia, 46(2), 2008, P. 727-742.
- [5] Vasilyev, A. N., Nuzhdin, Y. O., & Kaplan, A. Y. Does real-time feedback affect sensorimotor EEG patterns in routine motor imagery practice? // Brain Sciences, 11(9), 1234, 2021.

Поддержано грантом  
РНФ №22-19-00528